

## PRECISION PROCESSING METHOD OF SILICON

Publication number: JP6151387

Publication date: 1994-05-31

Inventor: MORIMOTO TAKASHI

Applicant: NIPPON TELEGRAPH &amp; TELEPHONE

Classification:

- international: C23F1/00; B81C1/00; C23F4/00; H01L21/302;  
H01L21/3065; C23F1/00; B81C1/00; C23F4/00;  
H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/302; C23F1/00; C23F4/00

- European:

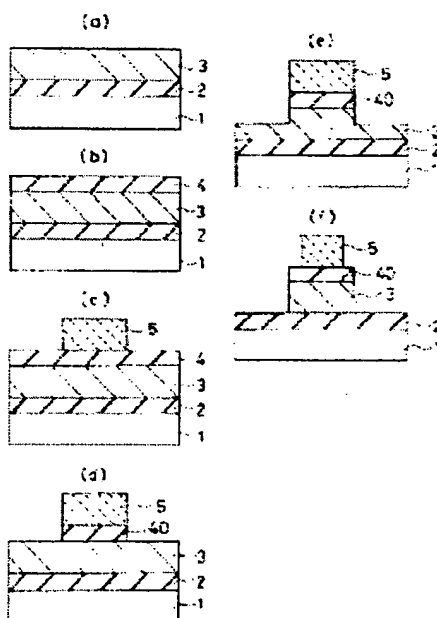
Application number: JP19920323838 19921110

Priority number(s): JP19920323838 19921110

Report a data error here

## Abstract of JP6151387

**PURPOSE:** To create a mask made of a silicon oxide film even on a stepped silicon film with a small dimensional conversion difference, and to reduce a decrease in mask size while the silicon film is etched. **CONSTITUTION:** With the use of a photoresist 5 patterned on the main surface of a wafer 1 and an extremely thin silicon oxide film 40 as a mask, a silicon film 3 is previously etched by a plasma etching method including a halogenated gas, and is then etched by another plasma etching method including the halogenated gas and oxygen. At this time, the thickness of the oxide film 40 is set to less than a half of an allowable dimensional conversion difference of a processing dimension, that is, 50Angstrom. This renders a recess caused by the etching of a photoresist during silicon etching irrelevant with a processing accuracy of a silicon film. In addition, the thickness of the oxide film 40 is extremely thin, and hence the amount of a decrease in line width due to processing can be suppressed to 100Angstrom or thereabouts, which is twice the film thickness, even by elimination such as isotropic etching.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-151387

(43) 公開日 平成6年(1994)5月31日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/302		H 9277-4M		
C 2 3 F 1/00	1 0 2	8414-4K		
4/00		E 8414-4K		

審査請求 未請求 請求項の数2(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平4-323838

(22) 出願日 平成4年(1992)11月10日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 森本 孝

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

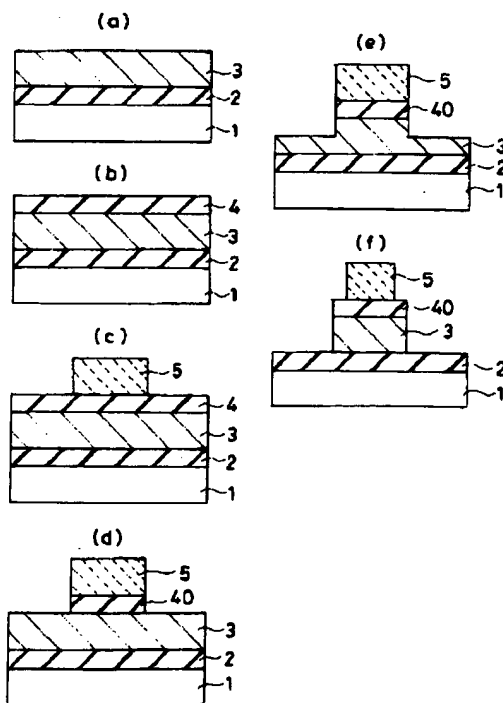
(74) 代理人 弁理士 山川 政樹

(54) 【発明の名称】 シリコンの精密加工方法

(57) 【要約】

【目的】 段差のあるシリコン膜上でもシリコン酸化膜のマスクを低寸法変換差で形成し、かつシリコン膜のエッチング中にマスク寸法の減少を少なくする。

【構成】 ウエハ1の主面上にボタン形成されたホトレジスト5と極めて薄いシリコン酸化膜40をマスクとして、シリコン膜3を予めハロゲン化ガスによるプラズマエッチング法でエッチングしたのち、続いてハロゲン化ガスと酸素を含むプラズマエッチング法でエッチングする。このとき、酸化膜40の厚さは加工寸法の許容寸法変換差の半分以下、つまり50Å以下とする。これにより、シリコンエッチング中のホトレジストのエッチングによる後退をシリコン膜の加工精度と無関係にできる。また、酸化膜40の膜厚が極めて薄いので、等方的なエッチングによる除去によっても加工による線幅減少量をその膜厚の2倍の100Å程度に抑えることができる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウエハ主面上にシリコン層と、このシリコン層上にシリコン酸化膜あるいはシリコン窒化物からなる膜とレジスト層を順次形成する工程と、

前記レジスト層をリソグラフィ技術によってパターン形成する工程と、

前記レジストパターンをマスクとして、前記シリコン酸化膜あるいはシリコン窒化物からなる膜をエッチングによりパターン形成する工程と、

前記レジストパターンとパターン形成されてなるシリコン酸化膜あるいはシリコン窒化物をマスクとして前記シリコン層を予めハロゲン化ガスによるプラズマエッチング法でエッチングしたうえ、続いてハロゲン化ガスと酸素を含むプラズマエッチング法によりエッチングする工程とを備えることを特徴とするシリコンの精密加工方法。

【請求項2】 ウエハ主面上にシリコン層と、このシリコン層上にシリコン酸化膜あるいはシリコン窒化物からなる膜とレジスト層を順次形成する工程と、

前記レジスト層をリソグラフィ技術によってパターン形成する工程と、

前記レジストパターンをマスクとして、前記シリコン酸化膜あるいはシリコン窒化物からなる膜をエッチングによりパターン形成する工程と、

前記レジストパターンを除去する工程と、

前記パターン形成されてなるシリコン酸化膜あるいはシリコン窒化物をマスクとして前記シリコン層を予めハロゲン化ガスによるプラズマエッチング法でエッチングしたうえ、続いてハロゲン化ガスと酸素を含むプラズマエッチング法によりエッチングする工程とを備え、

前記シリコン酸化膜あるいはシリコン窒化物の厚さが加工寸法の許容寸法変換差の半分以上であることを特徴とするシリコンの精密加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体製造方法およびマイクロマシン製造方法に関わり、具体的にはシリコン層の精密エッチング方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 例えばMOS型集積回路の進展において、パターン寸法の微細化がなされているが、加工精度も微細化に伴って向上する必要がある。加工精度向上には、リソグラフィ技術で決定されるマスク精度向上とエッチング技術で決定される寸法変換差減少が必要である。このうち、本発明は主にエッチング技術に関するものである。

【0003】 従来、シリコン層のエッチング時には、光リソグラフィ技術でパターンニングされてなるホトレジストがマスクとして使用されるか、もしくはシリコン層上に形成されたシリコン酸化膜またはシリコン窒化物（以下ではどちらも酸化膜で代表さす）がホトレジストをマ

2

スクに加工され、その後ホトレジストが除去されて酸化膜がマスクとして使用されている。

【0004】 ホトレジストをマスクとして使用した場合、利点としては最小限の工程数で加工が行えること、および加工対象の表面に凹凸があってもパターンニングに支障が少ないことが挙げられる。一方、欠点としては、シリコン層の加工中にホトレジストがエッチングされ寸法変換差の原因になることが挙げられる。酸化膜をマスクとして使用した場合、利点としてはシリコン層の加工中にほとんどエッチングを受けないので、寸法変換差の減少に有利であること、欠点としては、加工に必要な工程数がホトレジストのみに比較して増加すること、および加工表面に凹凸があると酸化膜マスクの加工時に段差の部分で取り残しが発生する可能性があることである。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このようなことから、微細加工用のマスクとしては、ホトレジストの有するエッチングマスクとしての簡易性と表面段差に対する適合性、および酸化膜の高エッチ耐性の両方を満足するマスクが望ましい。本発明は以上の点に鑑みてなされたもので、その目的は、微細加工用のマスクとして50Å以下の極めて薄い酸化膜を用いることにより、上述したホトレジストと酸化膜の欠点を解消したシリコンの精密加工方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するため本発明は、ウエハ主面上にシリコン層、シリコン酸化膜（あるいはシリコン窒化物）、レジスト層を順次形成し、このレジスト層をリソグラフィ技術によってパターン形成したのち、このレジストパターンをマスクとして、シリコン酸化膜（あるいはシリコン窒化物）をエッチングによりパターン形成する。そして、このレジストパターンとパターン形成されてなるシリコン酸化膜（あるいはシリコン窒化物）をマスクとしてシリコン層を予めハロゲン化ガスによるプラズマエッチング法でエッチングしたうえ、ハロゲン化ガスと酸素を含むプラズマエッチング法によりエッチングすることを特徴とするものである。

【0007】 また、本発明の別の発明は、上記のものにおいてレジストパターの除去後、パターン形成されてなるシリコン酸化膜（あるいはシリコン窒化物）をマスクとしてシリコン層を予めハロゲン化ガスによるプラズマエッチング法でエッチングしたうえ、ハロゲン化ガスと酸素を含むプラズマエッチング法によりエッチングし、かつ前記シリコン酸化膜（あるいはシリコン窒化物）の厚さを加工寸法の許容寸法変換差の半分以上としたことを特徴とするものである。

## 【0008】

【作用】 本発明においては、極めて薄いシリコン酸化膜（あるいはシリコン窒化物）をマスクとして、その酸化膜とエッチング対象であるシリコン層のエッチレート比

が十分に大きな値でエッチングできることを利用して、シリコン膜をエッチングする際に、予めハロゲン化ガスによるプラズマエッチングを行ったのち、ハロゲン化ガスと酸素の混合ガスによるプラズマエッチングを行うことにより、段差のあるシリコン膜上でもシリコン酸化膜のマスクを低寸法変換差で形成でき、さらに、シリコン膜のエッチング中にマスク寸法の減少をなくすることができる。

【0009】

【実施例】次に本発明の実施例を説明するまえに、本発明の原理および作用効果について説明する。本発明は、ハロゲン化ガスのプラズマエッチング法によるシリコン膜のエッチング中に、反応生成物であるシリコンのハロゲン化物がマスクとなる酸化膜のエッチング速度を増加させること、ハロゲン化ガスと酸素を含むプラズマエッチング法によるシリコン膜のエッチングではプラズマに対して露出してなるマスク用酸化膜上へ、反応生成物が酸素と反応してシリコン酸化物として堆積すること、およびハロゲン化ガスと酸素の混合ガスプラズマにおいてシリコン膜のエッチングが進行する最大酸素混合比はイオンのシリコン膜への加速エネルギーおよびシリコン膜表面でのハロゲンと酸素の密度比に依存するという発見に基づいてなされたものである。

【0010】例えば、ECRプラズマエッチング装置で酸化膜をマスクにシリコン膜をエッチングする場合、エッチングガスとして塩素と酸素の混合ガスを用いると、酸素混合比を増加させるとシリコン膜のエッチングはほとんど変化しないが、マスクとなる酸化膜上にはシリコン酸化物が堆積するので、その酸化膜マスクをほとんどエッチングすることなくシリコン膜をエッチングできる。この場合、あらかじめ塩素ガスによりエッチングを行ってから塩素と酸素の混合ガスによるエッチングを行うと、シリコン膜表面の自然酸化物等によるエッチング残渣の発生を防止できる。

【0011】この予め行う塩素ガスによるエッチング時にはシリコンの反応生成物が酸化膜のエッチング速度を増加させるので、マスクとなる酸化膜厚との兼ね合いはパターニングしたウエハをエッチングして実験的に決定する必要がある。実験によれば、シリコン膜のエッチング中における酸化膜のエッチング速度が20Å/分、シリコンのエッチング速度が350Å/分の条件で1分間エッチングを行えば、引き続いて酸化膜上にシリコン酸化物が堆積する条件で塩素と酸素によるエッチングを行っても、4インチウエハ全面において残渣のないエッチングが定常的に得られた。したがって、シリコン膜のエッチングに必要な酸化膜の膜厚としては20Å以上あればよい。

【0012】この場合、マージンをもってマスクとなる酸化膜の膜厚を50Åとしても、ホトレジストをマスクに用いて酸化膜の加工を行なう際、異方性プラズマエッ

チングで行っても、等方性エッチングで行っても線幅の変換差は100Åを越えないで実現できる。特にシリコン膜表面に段差があると、酸化膜の異方性エッチングでは完全に除去するまでに多大のオーバーエッチングを必要とする場合が考えられるが、その場合でも酸化膜厚が50Åと極めて薄いので、必要なオーバーエッチング量が少なく済むか、もしくは僅かの等方的な酸化膜のエッチングにより段差部を含めて除去の必要な部分を完全に除去できる。一般に集積回路におけるパタンの加工精度の要求値としては、最小線幅の±15%以内の寸法変換差が標準的な目標となっており、線幅の変換差が100Åと言う値は、最小線幅が約700Åのパタンに対する加工精度の要求値を満足することを意味する。

【0013】また、シリコン膜のエッチング時にホトレジストは除去する必要はなく、その場合には、シリコンエッチング時にホトレジストはエッチングを受けて後退するので、マスクとなる酸化膜の端の部分がプラズマに曝される。その時、プラズマに曝される酸化膜はエッチング中にも除去されずに残るので、エッチングによる寸法変換差はない。

【0014】一方、ホトレジストを除去してマスク用酸化膜のみでシリコン膜をエッチングする場合には、ECRプラズマエッチング法のように、低加速エネルギー(10~50eV)のエッチングでは、そのマスク厚が薄い故の利点を享受できるので以下に詳細に説明する。

【0015】プラズマからシリコン膜に入射してくる粒子には正イオン、負イオン、中性粒子、電子、光子がある。このうち正イオンはシースで加速され、負イオンと電子はシースで減速される。中性粒子には加減速中のイオンが電子などと衝突して中性化した速度分布に異方性を有するもの、および速度分布が等方的なものとがある。こうした粒子がシリコン膜のエッチングに影響するが、特にシリコン膜をオーバーエッチングする場合では、ホトレジストであれ、酸化膜であれ電氣的絶縁物であるので、表面にはチャージアップが発生しやすい。ただし、プラズマに曝された絶縁物の上面でチャージアップが発生しそうになると、電荷中性を保つ作用によりチャージアップする電荷とは反対の導電性をもった粒子がやってくるので、チャージアップは解消される。

【0016】ところが、正イオンと電子との速度分布は異なるので、マスクの側面では、電荷中和を保つ作用はチャージアップを完全には解消できない。そのためマスク側面ではシース中の減速により速度分布の広がった電子の入射量が最も多く負に帯電する。その結果、マスク側面およびオーバーエッチング中のシリコン膜側面にはクーロン相互作用とイオンの慣性により正イオンの入射量が増大し、サイドエッチングの原因となる。この場合、マスク厚が薄いほどマスク側面の帯電量は少なくなり、サイドエッチングの原因としての作用は軽減される。また、マスク厚が薄い程、隣接パタン間のアスペク

ト比（エッチング深さに対するエッチング間隔の比）は低減するので、いわゆるマイクロローディング効果も低減できる利点を有する。

【0017】また、50Å以下の酸化膜はシリコンの熱酸化によってシリコン基板内の不純物分布にほとんど影響を与えずに形成できるので、急峻な不純物分布および低温処理を必要とする微細MOSトランジスタや耐放射線素子の加工にも適合する。さらに、リンまたはボロンをドーブしたシリコン膜を熱酸化により活性化して導電性を与えておけば、シリコン膜の側壁の帯電もなくなるので、サイドエッチング防止に役立つ。

#### 【0018】実施例1

図1は、本発明によるシリコン膜の精密加工方法の第1の実施例を工程順に説明するための原理図である。ウエハ1の主面にはその絶縁膜となるシリコン酸化膜2、加工対象の電極となるシリコン膜3が例えば4000Å形成されている（図1(a)）。このウエハを例えば750℃、1時間酸化してシリコン膜3の表面に膜厚50Åのシリコン酸化膜4を形成する（図1(b)）。そして、電極となるシリコン膜3上にはリソグラフィ技術にてホトレジスト5をパタンニングする（図1(c)）。このウエハ主面を緩衝フッ酸液に浸漬してシリコン酸化膜4を加工し、シリコン膜3のエッチングマスク40とする（図1(d)）。

【0019】このウエハ主面を、例えばECRプラズマエッチング装置において、 $Cl_2$ ガスを0.1mTorr、マイクロ波入力350Wのプラズマに1分間曝してシリコン膜3を約350Åエッチングする（図1(e)）。続いて $Cl_2$ ガスを0.5mTorr、 $O_2$ ガスを7%添加し、マイクロ波入力350Wのプラズマにてシリコンのエッチング速度1000Å/分、 $SiO_2$ の堆積速度30Å/分でエッチングすると、約4分後にはシリコン膜はエッチングされてシリコンのエッチング生成物はプラズマ中に供給されなくなるので、酸化膜マスク40上への $SiO_2$ の堆積は終了し、しかる後その酸化膜40をマスクとしてエッチングに転じて、加工すべきパタン形状をシャープに形成する（図1(f)）。

【0020】その場合の $SiO_2$ のエッチング速度はおよそ2Å/分と極めて低い。また、酸素ガスを添加することによりホトレジスト5のエッチング速度は増加し、レジストの膜厚および線幅とも減少し、シリコン酸化膜のマスク40の加工パタンはその端をプラズマに露出するが、エッチングされないのでシリコンエッチングのマスクとして作用する。

【0021】このように本実施例によると、シリコン膜3上に50Åと極めて薄いシリコン酸化膜4つまり酸化膜マスク40を形成し、これをマスクとしてシリコン膜3を予め塩素ガスによるプラズマエッチング法でエッチングしたうえ、引き続き塩素ガスと酸素を含むプラズマエッチング法でエッチングすることにより、シリコン膜

のエッチング中のホトレジストのエッチングによる後退をシリコン膜の加工精度と無関係にできる。また、シリコン酸化膜4の膜厚が極めて薄いので、等方的なエッチングによる除去によっても加工による線幅減少量をその膜厚の2倍の100Å程度に抑えることができ、さらに等方的なエッチングであればシリコン膜3の表面に凹凸があっても加工残りの発生する可能性がないという特徴を有している。勿論、シリコン膜3の表面段差が異方性エッチングによるシリコン膜の加工に支障のない範囲であれば、異方性エッチングによりオングストロームオーダーの微小な寸法変換差が実現できる。

#### 【0022】実施例2

図2は、本発明の第2の実施例を示す図1相当の工程断面図である。図1の実施例との相違点は、図2(d)（図1(d)に相当）のシリコン酸化膜4がマスク40として加工された時点の後、濃硫酸と過酸化水素水の混合液に5秒間浸漬してホトレジスト5を除去し（図2(e)）、水洗後、続いて0.5%、22℃の希フッ酸に5秒間浸漬してシリコン膜3の表面に形成されてなるシリコンの酸化物6を除去して（図2(f)）、しかる後にシリコン膜3のプラズマエッチングを行うという点である。この場合、前記酸化膜マスク40は最初の $Cl_2$ ガスによるエッチングで20Åエッチングされ、その膜厚は30Åとなる（図2(g)）。

【0023】続いて、 $Cl_2$ と $O_2$ の混合ガスによるシリコン膜3のエッチング中にそのシリコンのエッチング生成物と酸素との反応生成物が酸化膜マスク40上に堆積し、酸化膜マスクの膜厚は増加する。そして、シリコン酸化膜のオーバーエッチング時には酸化膜マスク40は再びエッチングを受けるが、そのエッチング速度は2Å/分と少ないので、マスクとしての作用はオーバーエッチング中も十分に残る（図2(h)）。

【0024】このように本実施例においても、上記実施例1と同様に、50Åという極めて薄い酸化膜をマスクとしてシリコン膜のエッチングが可能である。さらに、その酸化膜マスクの膜厚が薄いことから、パタン間隔が狭くなってもアスペクト比の増加は少なくて済むので、マイクロローディング効果が発生しにくいこと、および酸化膜側壁の帯電によるイオン軌道への影響がなくなることから、オーバーエッチング時においてもシリコン膜側壁にアンダーカットが発生しにくいという特徴を有している。

【0025】さらに、塩素と酸素の混合ガスでシリコン膜をプラズマエッチングする場合、このシリコン膜のエッチングが進行する最大の酸素添加量はそのシリコン表面に形成されるシリコン酸化物または酸素吸着を入射イオンがスパッタリングまたはエッチングできるか否かに依存しているので、シリコン側面への入射粒子のエネルギーが側壁の帯電防止により低下すると、水平面では入射粒子によるシリコン酸化物のエッチングが優勢になっ

7

てエッチングが進行するが、側面ではシリコン酸化物の形成または酸素の吸着が優勢になって側面でのエッチングが防止され、シリコン層のサイドエッチングの発生しない条件が存在する。

【0026】なお、上記実施例はECRプラズマ装置を用いて説明したが、これはECRプラズマ装置においてはイオンの衝突エネルギーが低くシリコンと酸化膜とのエッチング選択比が得易い点からである。また、上記実施例は酸化膜厚が50Åの場合を説明したが、これは自然酸化膜等によるシリコン層のエッチング残渣の発生を抑える目的で、シリコン膜のエッチング当初に行うインサイチューの表面エッチングによるものであり、全ての処理を真空容器内で行うといった、シリコン層表面が大気、特に水分に曝されない処置をすれば、さらに薄い膜厚でエッチングできる。

【0027】この場合、シリコン層のエッチングを行いながら、酸化膜上にはシリコン酸化物を堆積できるので、酸化膜厚としては1分子層あればよく、パタンニングの手段としてもホトレジストプロセスに限らず、イオンや電子等の粒子ビームやSTM等を用いてシリコン酸化膜を直接除去することによる描画を用いたり、反対にシリコン酸化膜を直接形成することによる描画を用いることも可能であることを指摘しておく。本発明は、ECRプラズマ装置に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の装置に適用可能であることは勿論である。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、微細加工用のマスクとして50Å以下の極めて薄いシリコン酸化

8

膜を用い、その酸化膜とエッチング対象であるシリコン膜のエッチレート比が十分に大きな値でエッチングできることを利用して、シリコン膜を、予めハロゲン化ガスによるプラズマエッチング法でエッチングしたのち、続いてハロゲン化ガスと酸素ガスによるプラズマエッチング法でエッチングすることにより、段差のあるシリコン膜上でもシリコン酸化膜のマスクを低寸法変換差で形成でき、かつシリコン膜のエッチング中にマスク寸法の減少を少なくすることが可能になった。

【0029】したがって、簡易性と汎用性に優れる通常のホトレジストを用いたリソグラフィ技術でも、シリコン膜の高精度加工、下地酸化膜との高エッチング選択比加工が可能になる。その結果、製造工程の大幅な変更なしで、集積回路の高性能化が可能になり、マイクロマシンに適用すればその微細化が可能になる。

【図面の簡単な説明】

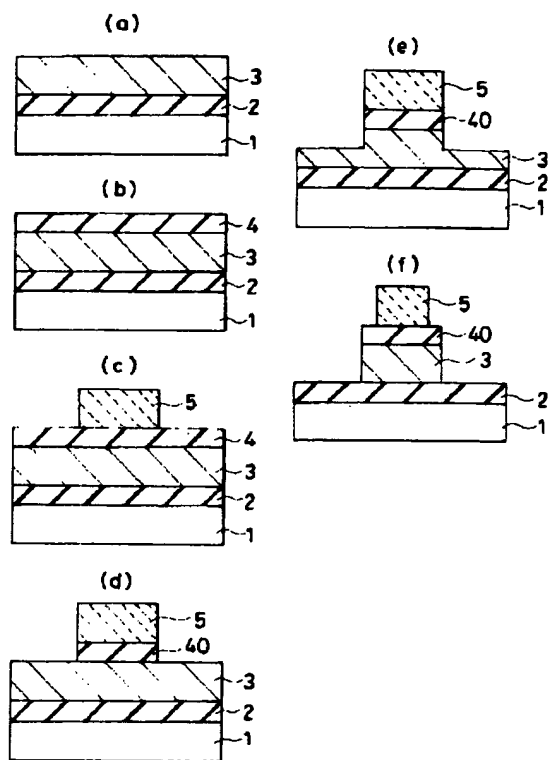
【図1】本発明によるシリコンの精密加工方法の第1の実施例を工程順に説明するための構造断面図である。

【図2】本発明による第2の実施例を説明する図1相当の構造断面図である。

【符号の説明】

- 1 ウエハ
- 2 絶縁膜
- 3 シリコン膜
- 4 シリコン酸化膜
- 5 ホトレジスト
- 6 シリコンの酸化物
- 40 シリコン酸化膜マスク

【図1】



【図2】

